



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09260214 A**(43) Date of publication of application: **03.10.97**(51) Int. Cl. **H01G 9/02**(21) Application number: **08063300**(22) Date of filing: **19.03.96**(71) Applicant: **ASAHI GLASS CO LTD**

(72) Inventor: **TSUSHIMA MANABU
MORIMOTO TAKESHI
HIRATSUKA KAZUYA
KAZUHARA MANABU
KAWASATO TAKESHI**

(54) ELECTRIC DOUBLE LAYER CAPACITOR**(57) Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To lessen the internal resistance of an electric double layer capacitor and to form the electric double layer capacitor into an electric double layer capacitor of the density of a large capacity by a method wherein a separator is formed into a porous sheet, which is formed by bonding together electrically insulative inorganic compound powder in an organic electrolyte with a resistive resin and has a thickness of a specified value or lower.

SOLUTION: ZrO_2 powder of the mean particle diameter of about $7\mu m$ is used as electrically insulative inorganic compound powder, PTEE powder is used as a resin, the ZrO_2 powder is kneaded with the PTEE powder at the mixing rate of the ZrO_2 powder with the PTEE powder of a ratio of 60wt.% to 40wt.% and a powder body obtainable by bonding together the ZrO_2 powder in an organic electrolyte with the resin is rolled into a porous sheet shape of a thickness of $200\mu m$ or thinner to form a separator. This separator is arranged in such a way as to superpose on one pair of electrodes, one side of which is a polarized electrode. Thereby, as the internal resistance of an electric double layer capacitor can be lessened and

the double layer capacitor can be formed into one of the density of a large capacity, the electric double layer capacitor can be used as an electric double layer capacitor suitable for an ultra- large capacity of an electrostatic capacity of 50 to 20000F and a high current of an allowable current of 1 to 1000A.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-260214

(43) 公開日 平成9年(1997)10月3日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 G 9/02

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 G 9/00

技術表示箇所

3 0 1 C

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平8-63300

(22) 出願日 平成8年(1996)3月19日

(71) 出願人 000000044

旭硝子株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目1番2号

(72) 発明者 對馬 学

神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地

旭硝子株式会社中央研究所内

(72) 発明者 森本 剛

神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地

旭硝子株式会社中央研究所内

(72) 発明者 平塚 和也

神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地

旭硝子株式会社中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 泉名 謙治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気二重層キャパシタ

(57) 【要約】

【課題】 内部抵抗が小さく、容量密度の大きい電気二重層キャパシタを提供する。

【解決手段】 少なくとも片方が分極性電極である一対の電極と、一対の電極の間に配置されたセパレータと、有機電解液とを有する電気二重層キャパシタの、セパレータを電気絶縁性の無機化合物の粉末を有機電解液に耐性のある樹脂で結合してなる厚さ200 μ m以下の多孔性シートとする。

【特許請求の範囲】

【請求項1】少なくとも片方が分極性電極である一対の電極と、一対の電極の間に配置されたセパレータと、有機電解液とを有する電気二重層キャパシタであって、セパレータが電気絶縁性の無機化合物の粉末を有機電解液に耐性のある樹脂で結合してなる厚さ200 μ m以下の多孔性シートであることを特徴とする電気二重層キャパシタ。

【請求項2】無機化合物の粉末が Al_2O_3 、 ZrO_2 、 SnO_2 、 TiO_2 、 SiO_2 、 ZnO 、 MgO 、 SiC 、 AlN 及び Si_3N_4 から選ばれる一種以上の粉末である請求項1記載の電気二重層キャパシタ。

【請求項3】無機化合物の粉末の平均粒径が10 μ m以下である請求項1又は2記載の電気二重層キャパシタ。

【請求項4】有機電解液に耐性のある樹脂が含フッ素樹脂である請求項1、2又は3記載の電気二重層キャパシタ。

【請求項5】含フッ素樹脂がポリテトラフルオロエチレン、ポリフッ化ビニリデン、フルオロオレフィン/ビニルエーテル共重合樹脂、テトラフルオロエチレン/プロピレン共重合樹脂から選ばれる一種以上である請求項4記載の電気二重層キャパシタ。

【請求項6】セパレータの空隙率が60%以上である請求項1～5のいずれか記載の電気二重層キャパシタ。

【請求項7】セパレータ中の樹脂の含有量が5～50重量%である請求項1～6のいずれか記載の電気二重層キャパシタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、内部抵抗が小さいことによって急速充放電ができる、容量密度の大きい電気二重層キャパシタ（以下、EDLCという）に関する。

【0002】

【従来の技術】EDLCのセパレータには、電解紙、ポリエチレン不織布、ポリプロピレン不織布、ポリエステル不織布、クラフト紙、マニラ麻シート、ガラス繊維シートなどが知られている（特開平1-283811、特開平1-304719等）。セパレータの役割は、正極と負極の間を電氣的に隔離することと、充放電に伴って起きる電解液中のイオンの移動を円滑にする通路を提供することにある。

【0003】最近、大電流の充放電が可能なEDLCが注目されている。しかし従来のセパレータの空隙率が5%以下と小さく、従来のセパレータを使用すると、電解液の吸液性と保液性が小さく、その結果イオン伝導性が低くて内部抵抗の大きいEDLCとなり、瞬時に大電流を放電すると、内部抵抗が大きいことによって電圧降下が大きく、エネルギー効率が悪く大電流用としての実用性が乏しかった。さらに、セパレータの有する電解液の

吸液性と保液性が小さいため、セパレータの液切れによるEDLCの性能劣化があった。

【0004】ガラス繊維シートをセパレータに使用すると、有機繊維のセパレータと比べて空隙率が約75%と大きく、電解液に対する濡れ性が優れているため吸液性及び保液性がよい。このため、ガラス繊維シートのセパレータを使用すると、イオン伝導性が大きいのでEDLCの内部抵抗を小さくできる。しかし、ガラス繊維シートの場合には強度を確保するために200 μ m以上の厚さが必要であるため、EDLC中でセパレータの占める体積割合が大きく、容量密度が低くなる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、従来技術の上述の問題を解消して内部抵抗が小さく、容量密度の大きいEDLCを提供しようとするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明のEDLCは、少なくとも片方が分極性電極である一対の電極と、一対の電極の間に配置されたセパレータと、有機電解液とを有する電気二重層キャパシタであって、セパレータが電気絶縁性の無機化合物の粉末を有機電解液に耐性のある樹脂で結合してなる厚さ200 μ m以下の多孔性シートであることを特徴とする。

【0007】EDLCに用いられる電解液には水系電解液と非水系電解液すなわち有機電解液があるが、耐電圧は通常前者で0.8V、後者で2.5Vである。EDLCが蓄積しうるエネルギーは耐電圧の2乗に比例するので、水溶液系と有機電解液を比較すると後者の方が約9倍大きいエネルギーを蓄積できる。

【0008】本発明のEDLCでは、正極と負極の少なくとも一方が分極性電極とされ、正極と負極の間に配置されるセパレータとして、電気絶縁性の無機化合物の粉末を有機電解液に耐性のある樹脂で結合して得られる厚さが200 μ m以下の薄い多孔性シートを用いている。ここで、有機電解液に耐性のある樹脂とは、有機電解液と接触させた状態で膨潤したりして変質することがない不溶性の樹脂をいう。

【0009】このようなセパレータを配置することによって、セパレータの内部抵抗の低減と、電解液の吸液性、保液性の向上が図れ、セパレータを薄くできるので、EDLCの容積効率が向上し、内部抵抗が小さく、容量密度の大きいEDLCを提供できる。セパレータの厚さは、抵抗がより小さくなるように160 μ m以下、さらには100 μ m以下とするのが好ましい。

【0010】セパレータの材料とする無機化合物の粉末は、有機電解液に耐性があり電気絶縁性を有するものとする。例えば、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、 SnO_2 、 TiO_2 、 SiO_2 、 ZnO 、 MgO 、 SiC 、 AlN 及び Si_3N_4 の粉末は、有機電解液に耐性があり、電気絶縁性も有するので好適である。これらの無機化合物の粉

10

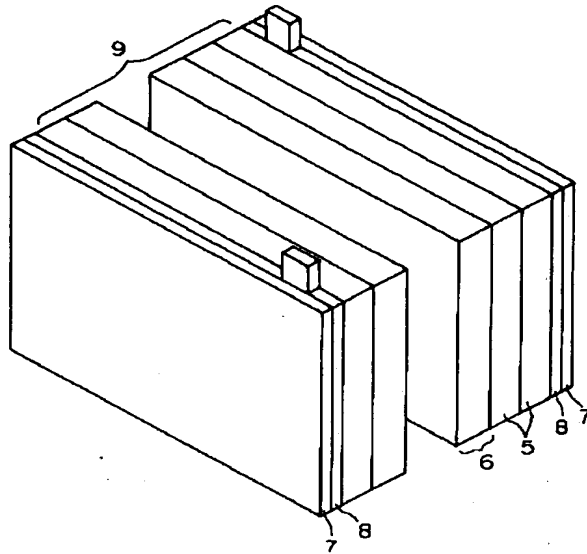
20

30

40

50

【図 7】



末の平均粒径は $10\mu\text{m}$ 以下とするのが好ましい。 $10\mu\text{m}$ より平均粒径が大きいと、樹脂と混練して薄いシートに延伸するのが難かしい。

【0011】無機化合物の粉末を結合する樹脂は有機電解液に不溶性の含フッ素樹脂が好適である。含フッ素樹脂としては、ポリテトラフルオロエチレン、ポリフッ化ビニリデン、フルオロオレフィン/ビニルエーテル共重合樹脂、テトラフルオロエチレン/ポリプロピレン共重合樹脂が好適である。

【0012】セパレータを製造するには、無機化合物の粉末と樹脂粉末を混練し、延伸してシート化するのが好ましい。セパレータと電極との間の接触は、積重ねまたは積重ねた上でロール圧延して一体化するなどの方法が好ましく採用される。

【0013】セパレータの空隙率は、電解液の吸液性、保液性及び内部抵抗の低減の点から60%以上が好ましい。空隙率がこれより小さいと、EDLCの内部抵抗が大きくなり、瞬時の大電流放電ができなくなる。空隙率は70%以上がさらに好ましい。

【0014】セパレータの無機化合物の粉末と樹脂粉末の混合割合は、結合強度を確保するため、無機化合物粉末と樹脂粉末の含量中、樹脂粉末を5重量%以上とするのが好ましい。5重量%より少ないと、強度が小さくなって延伸が難しくなる。また、セパレータの樹脂量は50重量%以下とするのが好ましい。樹脂が50重量%より多くなるとセパレータの電解液の吸液性、保液性が小さくなり、EDLCの内部抵抗が大きくなる。樹脂の混合量は、さらに好ましくは10~40重量%である。

【0015】有機電解液の電解質は、好ましくは第4級ホスホニウム塩又は第4級アンモニウム塩を含むものである。電解質は有機電解液の溶媒に溶けやすく、有機電解液の電気伝導性を高くできるものが好ましく、リチウム、ナトリウムなどのアルカリカチオンやアルカリ土類カチオン、もしくは $\text{R}^1\text{R}^2\text{R}^3\text{R}^4\text{N}^+$ 、 $\text{R}^1\text{R}^2\text{R}^3$

R^4P^+ （ただし、 R^1 、 R^2 、 R^3 、 R^4 はアルキル基またはアリル基であり、 R^1 、 R^2 、 R^3 、 R^4 は同じであっても異なってもよい）などの第4級オニウムカチオンと、 BF_4^- 、 PF_6^- 、 Cl^- 、 CF_3SO_2^- 、 AsF_6^- 、 $\text{N}(\text{SO}_2\text{CF}_3)_2^-$ 、 NO_3^- 、 Br^- 、 SO_4^{2-} 等のアニオンとを組合せた塩が好ましい。

【0016】有機電解液の溶媒は電気分解しにくく、電解質を溶かしやすく、広い温度範囲で使用できるものが好ましい。このような溶媒としては、エチレンカーボネート、プロピレンカーボネート、ブチレンカーボネートなどの環状カーボネート、ジメチルカーボネート、エチルメチルカーボネート、ジエチルカーボネートなどの非環状カーボネート、スルホラン、スルホラン誘導体又はこれらの溶媒の混合溶媒が好ましく使用できる。有機電解液に含まれる電解質の濃度は、溶媒の種類によっても異なるが、有機電解液のイオン伝導度が充分高くなるよ

うに、0.6~2.0モル/リットルとするのが好ましい。

【0017】

【実施例】つぎに、実施例（例1~18）と比較例（例19~21）により本発明をさらに具体的に説明するが、本発明はこれらによって限定されない。

【0018】〔例1〕分極性電極として、水蒸気賦活法で得られたやしがら活性炭粉末（比表面積 $1700\text{m}^2/\text{g}$ 、平均粒径 $10\mu\text{m}$ ）80重量%、ポリテトラフルオロエチレン（以下、PTFEという）粉末10重量%及びカーボンブラック10重量%にエタノールを加えて混練したものをシート状に成形し、厚さ0.3mmにロール圧延したシートを $40\text{mm}\times 60\text{mm}$ の寸法に切り取り、これをエッチング処理したアルミニウム箔（厚さ0.1mm）の集電体に黒鉛微粒子と結合剤からなる導電性接着層を介して接着した。

【0019】この接着物を減圧下で 200°C に8時間加熱して乾燥し、分極性電極中の水分を除去した。これを露点が -60°C 以下のアルゴンガス雰囲気とした 25°C のグローブボックスに移し、一対の分極性電極の間に下記の ZrO_2 粉末とPTFEからなるセパレータを挟んで素子とし、この素子に有機電解液、すなわち1モル/リットルのテトラエチルアンモニウムテトラフルオロボレータをプロピレンカーボネートに溶かした溶液を含浸させた。

【0020】セパレータは、無機化合物の粉末として平均粒径約 $7\mu\text{m}$ の ZrO_2 （非安定化）粉末、樹脂としてPTFE粉末を使用し、 ZrO_2 粉末とPTFEの混合割合を60重量%と40重量%とし、混練したものをシート状に圧延して得た。このセパレータの空隙率は60%、厚さは $90\mu\text{m}$ であった。一対の分極性電極とセパレータを重ね合わせた厚さ、すなわち素子の厚さは $890\mu\text{m}$ であった。

【0021】〔例2〕無機化合物の粉末として平均粒径約 $7\mu\text{m}$ の ZrO_2 粉末、樹脂としてPTFE粉末を使用し、 ZrO_2 粉末とPTFE粉末の混合割合を60重量%と40重量%とし、混練したものをシート状に圧延してセパレータを得た。この得られたセパレータの空隙率は75%、厚さは $80\mu\text{m}$ であった。分極性電極、EDLCの組み立て手順その他は例1と同じである。このEDLC素子、すなわち分極性電極とセパレータを重ね合わせたものの厚さは $880\mu\text{m}$ であった。

【0022】〔例3〕無機化合物の粉末として平均粒径約 $7\mu\text{m}$ の ZrO_2 粉末、樹脂としてPTFE粉末を使用し、 ZrO_2 粉末とPTFE粉末の混合割合を60重量%と40重量%とし、混練したものをシート状に圧延してセパレータを得た。このセパレータの空隙率は90%、厚さは $70\mu\text{m}$ であった。分極性電極、EDLCの組み立て手順その他は例1と同じである。このEDLC素子の分極性電極とセパレータの厚さの和は $870\mu\text{m}$

10

20

30

40

50

であった。

【0023】〔例4〕無機化合物の粉末として平均粒径約7 μ mのZrO₂粉末、樹脂としてPTFE粉末を使用し、ZrO₂粉末とPTFE粉末の混合割合を80重量%と20重量%とし、混練したものをシート状に圧延してセパレータを得た。このセパレータの空隙率は65%、厚さは80 μ mであった。分極性電極、EDLCの組み立て手順その他は例1と同じである。このEDLC素子の分極性電極とセパレータの厚さの和は880 μ mであった。

【0024】〔例5〕無機化合物の粉末として平均粒径約7 μ mのZrO₂粉末、樹脂としてPTFE粉末を使用し、ZrO₂粉末とPTFE粉末の混合割合を93重量%と7重量%とし、混練したものをシート状に圧延してセパレータを得た。このセパレータの空隙率は60%、厚さは90 μ mであった。分極性電極、EDLCの組み立て手順その他は例1と同じである。このEDLC素子の分極性電極とセパレータの厚さの和は890 μ mであった。

【0025】〔例6〕無機化合物の粉末として平均粒径約8 μ mのSiO₂粉末、樹脂としてPTFE粉末を使用し、SiO₂粉末とPTFE粉末の混合割合を60重量%と40重量%とし、混練したものをシート状に圧延してセパレータを得た。このセパレータの空隙率は75%、厚さは80 μ mであった。分極性電極、EDLCの組み立て手順その他は例1と同じである。このEDLC素子の分極性電極とセパレータの厚さの和は880 μ mであった。

【0026】〔例7〕無機化合物の粉末として平均粒径約6 μ mのAl₂O₃粉末、樹脂としてPTFE粉末を使用し、Al₂O₃粉末とPTFE粉末の混合割合を60重量%と40重量%とし、混練したものをシート状に圧延してセパレータを得た。このセパレータの空隙率は73%、厚さは80 μ mであった。分極性電極、EDLCの組み立て手順その他は例1と同じである。このEDLC素子の分極性電極とセパレータの厚さの和は880 μ mであった。

【0027】〔例8〕無機化合物の粉末として平均粒径約7 μ mのSnO₂粉末、樹脂としてPTFE粉末を使用し、SnO₂粉末とPTFE粉末の混合割合を60重量%と40重量%とし、混練したものをシート状に圧延してセパレータを得た。このセパレータの空隙率は77%、厚さは80 μ mであった。分極性電極、EDLCの組み立て手順その他は例1と同じである。このEDLC素子の分極性電極とセパレータの厚さの和は880 μ mであった。

【0028】〔例9〕無機化合物の粉末として平均粒径約7 μ mのTiO₂粉末、樹脂としてPTFE粉末を使用し、TiO₂粉末とPTFE粉末の混合割合を60重量%と40重量%とし、混練したものをシート状に圧延

してセパレータを得た。このセパレータの空隙率は74%、厚さは80 μ mであった。分極性電極、EDLCの組み立て手順その他は例1と同じである。このEDLC素子の分極性電極とセパレータの厚さの和は880 μ mであった。

【0029】〔例10〕無機化合物の粉末として平均粒径約8 μ mのZnO粉末、樹脂としてPTFE粉末を使用し、ZnO粉末とPTFE粉末の混合割合を60重量%と40重量%とし、混練したものをシート状に圧延してセパレータを得た。このセパレータの空隙率は76%、厚さは80 μ mであった。分極性電極、EDLCの組み立て手順その他は例1と同じである。このEDLC素子の分極性電極とセパレータの厚さの和は880 μ mであった。

【0030】〔例11〕無機化合物の粉末として平均粒径約7 μ mのMgO粉末、樹脂としてPTFE粉末を使用し、MgO粉末とPTFE粉末の混合割合を60重量%と40重量%とし、混練したものをシート状に圧延してセパレータを得た。このセパレータの空隙率は76%、厚さは80 μ mであった。分極性電極、EDLCの組み立て手順その他は例1と同じである。このEDLC素子の分極性電極とセパレータの厚さの和は880 μ mであった。

【0031】〔例12〕無機化合物の粉末として平均粒径約5 μ mのSiC粉末、樹脂としてPTFE粉末を使用し、SiC粉末とPTFE粉末の混合割合を60重量%と40重量%とし、混練したものをシート状に圧延してセパレータを得た。このセパレータの空隙率は72%、厚さは80 μ mであった。分極性電極、EDLCの組み立て手順その他は例1と同じである。このEDLC素子の分極性電極とセパレータの厚さの和は880 μ mであった。

【0032】〔例13〕無機化合物の粉末として平均粒径約7 μ mのAlN粉末、樹脂としてPTFE粉末を使用し、AlN粉末とPTFE粉末の混合割合を60重量%と40重量%とし、混練したものをシート状に圧延してセパレータを得た。このセパレータの空隙率は74%、厚さは80 μ mであった。分極性電極、EDLCの組み立て手順その他は例1と同じである。このEDLC素子の分極性電極とセパレータの厚さの和は880 μ mであった。

【0033】〔例14〕無機化合物の粉末として平均粒径約7 μ mのSi₃N₄粉末、樹脂としてPTFE粉末を使用し、Si₃N₄粉末とPTFE粉末の混合割合を60重量%と40重量%とし、混練したものをシート状に圧延してセパレータを得た。このセパレータの空隙率は75%、厚さは80 μ mであった。分極性電極、EDLCの組み立て手順その他は例1と同じである。このEDLC素子の分極性電極とセパレータの厚さの和は880 μ mであった。

【0034】〔例15〕無機化合物の粉末として平均粒径約7 μ mのZrO₂粉末、樹脂としてポリフッ化ビニリデン粉末を使用し、ZrO₂粉末とポリフッ化ビニリデン粉末の混合割合を60重量%と40重量%とし、混練したものをシート状に圧延してセパレータを得た。このセパレータの空隙率は74%、厚さは80 μ mであった。分極性電極、EDLCの組み立て手順その他は例1と同じである。このEDLC素子の分極性電極とセパレータの厚さの和は880 μ mであった。

【0035】〔例16〕無機化合物の粉末として平均粒径約7 μ mのZrO₂粉末、樹脂としてフルオロオレフィン/ビニルエーテル共重合体粉末を使用し、ZrO₂粉末とフルオロオレフィン/ビニルエーテル共重合体粉末の混合割合を60重量%と40重量%とし、混練したものをシート状に圧延してセパレータを得た。このセパレータの空隙率は72%、厚さは80 μ mであった。分極性電極、EDLCの組み立て手順その他は例1と同じである。このEDLC素子の分極性電極とセパレータの厚さの和は880 μ mであった。

【0036】〔例17〕無機化合物の粉末として平均粒径約7 μ mのZrO₂粉末、樹脂としてテトラフルオロエチレン-プロピレン共重合体粉末を使用し、ZrO₂粉末とテトラフルオロエチレン/プロピレン共重合体粉末の混合割合を60重量%と40重量%とし、混練したものをシート状に圧延してセパレータを得た。このセパレータの空隙率は75%、厚さは80 μ mであった。分極性電極、EDLCの組み立て手順その他は例1と同じである。このEDLC素子の分極性電極とセパレータの厚さの和は880 μ mであった。

【0037】〔例18〕無機化合物の粉末として平均粒径約7 μ mのZrO₂粉末、樹脂としてPTFE粉末を使用し、ZrO₂粉末とPTFE粉末の混合割合を45重量%と55重量%とし、混練したものをシート状に圧延してセパレータを得た。このセパレータの空隙率は57%、厚さは80 μ mであった。分極性電極、EDLCの組み立て手順その他は例1と同じである。このEDLC素子の分極性電極とセパレータの厚さの和は880 μ mであった。

【0038】〔例19〕セパレータとして、空隙率が57%、厚さ150 μ mのポリプロピレン不織布を用いた。分極性電極、EDLCの組み立て手順その他は例1と同じである。このEDLC素子の分極性電極とセパレータの厚さの和は950 μ mであった。

【0039】〔例20〕セパレータとして、空隙率が52%、厚さが90 μ mのマニラ麻シートを用いた。分極性電極、EDLCの組み立て手順その他は例1と同じである。このEDLC素子の分極性電極とセパレータの厚さの和は950 μ mであった。

【0040】〔例21〕セパレータとして、空隙率が75%、厚さが200 μ mのガラス繊維シートを用いた。

分極性電極、EDLCの組み立て手順その他は例1と同じである。このEDLC素子の分極性電極とセパレータの厚さの和は1000 μ mであった。

【0041】例1~21で得られた各EDLCの放電容量及び内部抵抗(ESR)を25℃の室温下で測定した。また、分極性電極の面積と、分極性電極及びセパレータの厚さからEDLC素子の体積を求め、EDLC素子の単位体積当たりの容量密度を計算し、これらの結果を表1にまとめて示した。

【0042】

【表1】

	放電容量 (F)	内部抵抗 (Ω)	容量密度 (F/cm ³)
例1	20.2	0.55	9.46
例2	20.2	0.53	9.56
例3	20.3	0.51	9.72
例4	20.2	0.53	9.56
例5	20.1	0.55	9.41
例6	20.2	0.52	9.56
例7	20.1	0.53	9.52
例8	20.1	0.53	9.52
例9	20.1	0.52	9.52
例10	20.1	0.53	9.52
例11	20.1	0.52	9.52
例12	20.3	0.53	9.61
例13	20.2	0.53	9.56
例14	20.1	0.53	9.52
例15	20.3	0.53	9.61
例16	20.2	0.52	9.56
例17	20.1	0.53	9.52
例18	20.2	0.53	9.56
例19	20.0	1.02	8.77
例20	20.1	1.32	9.41
例21	20.1	0.56	8.38

【0043】

【発明の効果】表1より、EDLCの内部抵抗と容量密度において本発明のEDLCが優れることが分かる。すなわち、本発明のEDLCは内部抵抗が低く、容量密度が大きい。本発明はコイン型のような小さな寸法のEDLCのみならず、静電容量が50~20000F、許容電流が1A~1000Aの超大容量、大電流向けのEDLCに使用できる。急速充放電が可能で充放電サイクル耐久性が大きい大容量のEDLCは、内部抵抗が大きいという二次電池の欠点を補って電気自動車の加速性能を高めるのに使用でき、制動回生エネルギーを有効利用してエネルギーの利用効率を顕著に高められるので、産業上の利用価値が多である。

10

20

30

40

50

フロントページの続き

(72)発明者 数原 学

神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地
旭硝子株式会社中央研究所内

(72)発明者 河里 健

神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地
旭硝子株式会社中央研究所内